

# INVESTIGACIONES DENDROGEOMORFOLÓGICAS APLICADAS AL ESTUDIO DE LA PELIGROSIDAD POR AVENIDAS E INUNDACIONES EN EL PARQUE NACIONAL DE LA CALDERA DE TABURIENTE (LA PALMA, ISLAS CANARIAS)

**Dendrogeomorphological research applied to flood hazard analysis in the 'Caldera de Taburiente' National Park (La Palma, Canary Islands, Spain)**

**A. Díez Herrero<sup>(1)</sup>, M. Génova Fúster<sup>(2)</sup>, P. Mayer Suárez<sup>(3)</sup>, J.A. Ballesteros Cánovas<sup>(1)</sup>, L. Becerril Carretero<sup>(4)</sup>, J.M. Rubiales Jiménez<sup>(5)</sup>, M. Hernández Ruiz<sup>(1)</sup>, M.A. Saz Sánchez<sup>(6)</sup>, J.M. Bodoque del Pozo<sup>(7)</sup>, V. Ruiz Villanueva<sup>(1)</sup>**

- (1) Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. andres.diez@igme.es
- (2) EUIT Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid
- (3) Dpto. de Geografía. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de G.C.
- (4) Unidad del IGME en Canarias. Las Palmas de Gran Canaria
- (5) ETSI de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid
- (6) Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. Zaragoza
- (7) Dpto. de Ingeniería Geológica y Minera. Universidad de Castilla-La Mancha. Toledo

**Abstract:** Las Angustias torrent is an ungauged stream located in the Caldera de Taburiente National Park (Canary Islands), where frequent and intense flood events occur (even causing fatalities, such as in November 2001). The aim of this research is to analyse the flood hazard in one of the most visited areas of this protected area. To carry out this objective, during two dendrogeomorphological campaigns, all pine trees located on the stream bed and banks showing external evidence of flash flood damage were sampled. In addition, a detailed topographical survey using GPS and total station allowed us to obtain the inputs for hydraulic modelling. In the preliminary results, two flood events have been identified (1967-1968 and 1999-2000), and evidence of other dates has been observed (1976, 1983, 1993 and 2001). Magnitude reconstruction of these events will improve flood hazard and risk analyses and will be useful for National Park managers.

**Palabras clave:** dendrogeomorfología, pino canario, avenida, Caldera de Taburiente, parque nacional

**Key words:** dendrogeomorphology, Canarian pine, flood, Caldera de Taburiente, national park

## 1. INTRODUCCIÓN

La red de drenaje del parque nacional de la Caldera de Taburiente (La Palma, Islas Canarias) está constituida por numerosos torrentes tributarios del barranco de Las Angustias, que presentan frecuentes e intensos eventos de avenidas súbitas. Estas riadas han producido incluso víctimas mortales entre practicantes de senderismo (3 fallecidos en noviembre de 2001); varias situaciones de movilización de medios de protección civil al quedar grupos numerosos de visitantes incomunicados por la inundación (la última el 22 de octubre de 2011); e importantes pérdidas económicas al interferir las avenidas con los proyectos

de repoblación de las riberas con especies autóctonas y endemismos (superiores a los 700.000 euros en los últimos dos años). A parte de daños puntuales a instalaciones del Parque y fincas (puentes, conducciones de agua, sistemas hidroeléctricos) y las sendas más transitadas.

El objetivo de estas investigaciones es realizar un análisis de peligrosidad por avenidas e inundaciones en uno de los sectores más frecuentados del parque nacional (la denominada 'Playa de Taburiente'), como paso previo para la elaboración de estudios de riesgo y la adopción de medidas de gestión del mismo para la prevención de nuevos desastres en el futuro.

## 2. ZONA DE ESTUDIO

La Caldera de Taburiente ocupa 4690 ha del sector centro-septentrional de la isla de La Palma (Islas Canarias), y fue declarada parque nacional en el año 1954. Se extiende entre las coordenadas de latitud 28°40' y 28°46' N, y longitud 14°08' y 14°13' O (meridiano de Greenwich); y presenta un rango altitudinal entre los 2426 msnm del Roque de Los Muchachos y los 430 m del fondo del barranco de Las Angustias a su salida del parque nacional. Geológicamente, a pesar de su nombre, no está formada por una caldera volcánica s.s., sino por diferentes edificios volcánicos superpuestos (Carracedo et al., 2001) desde el complejo basal submarino, inyección de diques, y los estrato-volcanes Taburiente I y II, Cumbre Nueva y Bejenado; entre los cuales existen fases erosivas y grandes deslizamientos, como el de Aridane o la etapa reciente que generó el vaciado del relieve de la propia Caldera. Predominan las litologías basálticas y volcanoclásticas (Vegas et al., 1999).

La zona concreta donde se ha centrado el análisis es un tramo del fondo aluvial-coluvial del barranco de Taburiente conocida como la 'Playa de Taburiente', desde la confluencia de sus tributarios, los barrancos Verduras de Alfonso y Los Cantos de Turugumay, hasta su paso por las inmediaciones del Centro de Servicios del Parque. La disposición en planta es semejante a la letra Y, con una longitud de 1600 m y una anchura media de unos 130 m (Fig. 1). Se trata de una llanura aluvial formada por grandes barras de bloques y gravas entre las que discurren uno o varios hilos de corriente, con una terraza baja separada por un escarpe de banco de orilla de unos 2,3 m de altura media (Fig. 2). Las barras estabilizadas y las terrazas presentan vegetación arbórea de pino canario (*Pinus canariensis* Chr. Sm. ex DC.) y sauce canario (*Salix canariensis* C. Sm. ex Link). En esta zona convergen buena parte de los senderos más transitados y se encuentra la única zona de acampada autorizada,

estimándose una población expuesta anual media en tránsito por el sistema de barrancos en unas 67.000 personas (A. Palomares, com. per.).

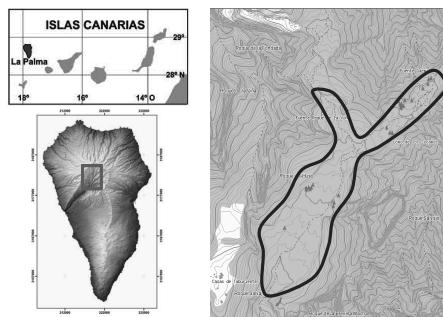


Fig. 1. Mapas de situación de la zona de estudio en el marco de las Islas Canarias, la isla de La Palma (imagen: Luis Lain, IGME), y la Playa de Taburiente.



Fig. 2. Vista general de la Playa de Taburiente desde el centro del barranco de Taburiente, hacia la confluencia de los barrancos afluentes (NE).

## 3. METODOLOGÍA

Ante la imposibilidad de realizar análisis de peligrosidad con métodos hidrológico-hidráulicos convencionales por no existir estaciones de aforo representativas ni datos pluviométricos con series largas y discriminación temporal adecuada, se ha recurrido a los métodos dendrogeomorfológicos. Para ello, siguiendo la propuesta metodológica de Díez Herrero et al. (2007), se ha comenzado por caracterizar geomorfológica y florísticamente varios tramos de los barrancos principales, combinando tanto fotointerpretación de

pares estereoscópicos seriados en el tiempo, como trabajo de campo. A continuación se ha realizado una campaña sistemática de muestreo dendrocronológico de todos los pinos ubicados en el fondo de los barrancos y que presentaban evidencias dendrogeomorfológicas externas atribuibles a la interacción con avenidas torrenciales (descortezados, raíces expuestas, inclinados...; Fig. 3).



Fig. 3. Ejemplar de pino canario muestreado con evidencias dendrogeomorfológicas externas de afección por avenidas, como descortezado y raíces expuestas.

En total se muestrearon más de 60 ejemplares mediante barrena *Pressler*, obteniéndose más de 130 testigos cilíndricos. Para la datación de eventos de avenidas se muestrearon árboles afectados, tanto del tronco completo (en dos direcciones; T-01 a T-48), como de la zona de los descortezados (al menos dos a varias distancias). Sin embargo para la construcción de la serie de referencia se muestrearon árboles sin ninguna afección (T-50 a T-65). También se obtuvieron secciones discoidales (rodajas) y cuñas con motosierra mecánica de tres ejemplares muertos (Fig. 4) y un resto de madera subfósil del relleno de la terraza.

Tras su preparación mediante fijación en soporte, secado, cortado y lijado, se han contado y medido los anillos utilizando una mesa *LINTAB* y el software *TSAFWin*. Posteriormente se ha procedido a realizar sincronizado de las series por datación cruzada con la serie de referencia, y a la identificación y fechado de las perturbaciones de los anillos atribuibles a eventos de avenida pasados.

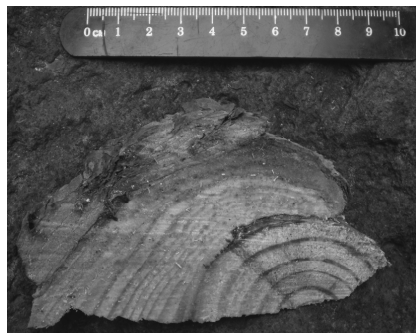


Fig. 4. Cuña extraída del lateral de un descortezado donde se observa la cicatriz interna producida por la avenida y tapada por tejido calloso.

En paralelo se realizó un levantamiento topográfico detallado mediante GPS diferencial y estación total, tanto de los perfiles longitudinales de los barrancos y las líneas de ruptura de pendiente con las laderas y bancos de orilla; como de la posición de todos los árboles muestreados en secciones transversales al cauce, y las cotas de los descortezados.

También se han realizado entrevistas a los escasos habitantes y trabajadores del Parque, consultado las estadísticas meteorológicas, y la documentación histórica de interés (Arroyo, 2009).

#### 4. RESULTADOS PRELIMINARES

A partir del análisis de la secuencia de anillos y de las heridas de los descortezados producidos por la carga sólida transportada durante las riadas, se ha podido reconstruir el registro reciente (últimos 140 años, desde 1870 a 2010) de eventos de avenidas súbitas que han sufrido estos barrancos.

Existen dos eventos recientes (años 1967-1968 y 1999-2000) que se repiten sistemáticamente en muchos de los ejemplares muestreados (Fig. 5), dando una idea de su extrema magnitud y consecuencias. Otras fechas parecen corresponder a avenidas de magnitud media-ordinaria, como: 1976, 1983, 1993 y 2001.

Existe una buena correspondencia entre

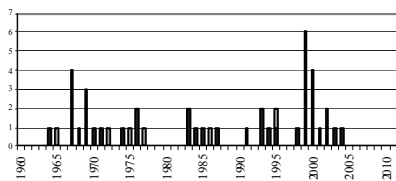


Fig. 5. Histograma de frecuencias de fechas de descortezados por avenidas, entre 1960 y 2010.

estas fechas y las obtenidas de las entrevistas al personal del Parque y los registros meteorológicos (Arroyo, 2009).

La topografía está sirviendo de entrada a la primera aproximación hidráulica de la magnitud de dichos eventos (caudales, velocidades, energías...; Fig. 6). Con todas las incertidumbres derivadas de la existencia de lecho móvil y de la necesidad de utilizar escenarios de caudales mínimos alcanzados, los órdenes de magnitud de los caudales obtenidos son coherentes con los correspondientes a una cuenca de estas dimensiones y régimen hídrico.

Con toda esta información se pretende realizar un estudio integral de peligrosidad y riesgo, de utilidad para los gestores del parque nacional a la hora de decidir la ubicación y diseño de infraestructuras (caminos, puentes, vados), la adopción de planes de protección civil, y la selección de rutas de evacuación seguras durante eventos catastróficos.

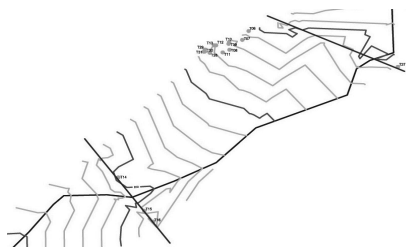


Fig. 6. Detalle del mapa de situación de los perfiles topográficos (líneas rojas) para el modelo hidráulico y los árboles muestreados (puntos verdes).

## 5. CONCLUSIONES

Los métodos dendrogeomorfológicos se

están mostrando como una alternativa y complemento a los métodos hidrológico-hidráulicos tradicionales en lugares donde no existen datos de aforos ni registros de precipitaciones suficientemente fiables estadísticamente. En la Playa de Taburiente están permitiendo reconstruir las fechas de avenidas pasadas e inferir los órdenes de magnitud de los caudales, con lo que se pueden realizar análisis de periodos de retorno útiles en la prevención y gestión del riesgo por inundación.

## Agradecimientos

Estos estudios son financiados por el proyecto de investigación IDEA-GesPPNN, del Organismo Autónomo de Parques Nacionales (OAPN 163/2010; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente). Quisiéramos agradecer su colaboración a todo el personal del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente, desde su Director (D. Ángel Palomares), hasta los guías, vigilantes, guardias y obreros de Tragsa. Igualmente al topógrafo Luis Fernández y su ayudante Luis Barca; y al fotógrafo profesional Alberto Carrera.

## REFERENCIAS

- Arroyo, J. 2009. *Cinco siglos de la tempestad canaria: cronología de efemérides meteorológicas*. Asociación Canaria de Meteorología (ACANMET), 13 pp. (inédito).
- Carracedo, J.C., Badiola, E.R., Guillou, H. Nuez, J. de la, y Pérez Torrado, F.J. 2001. Geology and volcanology of La Palma and El Hierro, Western Canary Islands. *Estudios Geológicos* 57, 175-253.
- Díez-Herrero, A., Ballesteros, J.A., Bodoque, J.M., Eguibar, M.A., Fernández, J.A., Génova, M., Laín, L., Llorente, M., Rubiales, J.M. y Stoffel, M. 2007. Mejoras en la estimación de la frecuencia y magnitud de avenidas torrenciales mediante técnicas dendrogeomorfológicas. *Boletín Geológico y Minero* 118 (4), 789-802.
- Vegas, J., Hernández-Pacheco, A., Marfil, R. 1999. Los depósitos volcanoclasticos de la isla de La Palma (Canarias): su relación con la evolución de las Calderas de Taburiente y Cumbre Nueva. *Boletín Geológico y Minero* 110-2, 15-37.